Rosen-Hoa.

Germination et structure anatomique de quelques espèces de "plantago"

Aug 9 '49

N° D'ORDRE : 84

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

RECHERCHES

sur la

Germination et la Structure Anatomique

DE

QUELQUES ESPÈCES DE « PLANTAGO »

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR L'OBTENTION DU

DIPLOME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

PAR

Stéphanie ROSEN-HOA

Commission d'examen { MM. G. BONNIER, *Président*; MATRUCHOT, MOLLIARD } *Examinateurs.*

PARIS

JOUVE & Cie, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1910

N° D'ORDRE : 84

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

RECHERCHES
sur la
Germination et la Structure Anatomique
DE
QUELQUES ESPÈCES DE « PLANTAGO »

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR L'OBTENTION DU

DIPLOME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

PAR

Stéphanie ROSEN-HOA

Commission d'examen { MM. G. BONNIER, *Président*
MATRUCHOT, MOLLIARD } *Examinateurs.*

PARIS

JOUVE & Cie, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1910

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES

	MM.	
DOYEN	P. APPELL, *Professeur.*	Mécanique rationnelle.
DOYEN HONORAIRE	G. DARBOUX, *Professeur.*	Géométrie supérieure.
PROFESSEURS HONORAIRES	L. TROOST.	
	Ch. WOLF.	
	J. RIBAN.	
PROFESSEURS	LIPPMANN . .	Physique.
	BOUTY . . .	Physique.
	BOUSSINESQ .	Phys. mathém. et Calcul des probabilités.
	PICARD. . . .	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.
	H. POINCARÉ .	Astronomie mathémat. et mécan. céleste.
	Y. DELAGE . .	Zoologie, anatomie, physiol. comparées.
	G. BONNIER .	Botanique.
	DASTRE . . .	Physiologie.
	KŒNIGS. . . .	Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN. . . .	Géographie physique.
	GOURSAT. . .	Calcul différentiel et Calcul intégral.
	CHATIN. . . .	Histologie.
	HALLER. . . .	Chimie organique.
	JOANNIS. . . .	Chimie (Enseignement P. C. N.).
	JANET	Physique.
	WALLERANT .	Minéralogie.
	ANDOYER. . .	Astronomie physique.
	PAINLEVÉ. . .	Mathématiques générales.
	HAUG	Géologie.
	TANNERY . .	Calcul différentiel et Calcul intégral.
	HOUSSAY . .	Zoologie.
	H. LE CHATELIER	Chimie.
	Gab. BERTRAND	Chimie biologique.
	Mme P. CURIE.	Physique générale.
	CAULLERY . .	Zoologie (Évolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ. .	Chimie appliquée.
	G. URBAIN . .	Chimie.
	BOREL	Théorie des fonctions.
	MARCHIS . .	Aviation.
	Jean PERRIN . .	Chimie physique.
	N	Application de l'Analyse à la Géométrie.
	N.	Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
PROFESSEURS ADJOINTS.	PUISEUX . . .	Mécanique et astronomie.
	LEDUC	Physique.
	MATRUCHOT .	Botanique.
	MICHEL . .	Minéralogie.
	G. PRUVOT. . .	Anatomie comparée.
	HÉROUARD . .	Zoologie.
	Léon BERTRAND	Géologie.
	R. PERRIER.	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
	MOLLIARD. . .	Physiologie végétale.
	COTTON	Physique.
SECRÉTAIRE .	A. GUILLET.	

RECHERCHES

SUR LA

Germination et la Structure Anatomique

DE

quelques espèces de Plantago

INTRODUCTION ET HISTORIQUE

Le genre *Plantago* a déjà été étudié à divers points de vue.

Gessner (1542), décrit trois de nos Plantaginées actuelles : *Plantago major, latifolia, minor*. Césalpin (1583, *de Platis Libris*), est le premier qui a décrit la germination et la fructification de plusieurs espèces de *Plantago*. Theophraste (1644, chap. X), mentionne déjà la germination et la morphologie de quelques espèces du même genre. Tournefort (1719), mentionne trois genres de Plantaginées avec 50 espèces. Linné (1753, *Systema vegetabilium*), mentionne 24 espèces de *Plantago*. De Jussieu (1789, *Genera Plantarum*), décrit la morphologie de

trois genres : *Psyllium*, *Coronopus*, *Littorella*. De Candolle (*Prodromus systematis regni vegetalis*), range 207 espèces de *Plantago* en 17 sections, et laisse 7 espèces non classées.

Barnéoud (1844, *Annales Sciences naturelles*), décrit la morphologie et la formation de l'appareil florifère chez quelques espèces. Costantin (1883), décrit la tige souterraine chez le *P. lanceolata*. Kuhlman (1887), étudie l'anatomie de 14 espèces du genre *Plantago*. Baillon (1888, *Histoire des Plantes*), étudie les affinités de la famille des Plantaginées avec les autres familles. Vesque (1885), décrit les stomates, et il range la famille des Plantaginées à côté des Labiées.

Mais peu de choses ont encore été signalées sur la germination et la structure anatomique de la jeune plantule.

Je me suis proposé de faire quelques recherches sur ce sujet.

L'anatomie des jeunes plantules étant délicate, j'ai employé la méthode bien connue des inclusions à la paraffine ; j'ai pratiqué des coupes en série en partant, le plus souvent, de l'extrémité de la racine terminale et allant jusqu'aux cotylédons et aux premières feuilles. J'ai étudié une série d'espèces de *Plantago*. Après quelques renseignements généraux, je passerai en revue ces diverses espèces en étudiant successivement pour chacune d'elles la graine, la germination et la structure anatomique de la plantule.

Ce travail a été effectué au Laboratoire de Bota-

nique de la Sorbonne sous la bienveillante direction de M. Gaston Bonnier qui a bien voulu me proposer ce sujet d'étude; je suis heureux de pouvoir lui exprimer ici ma profonde gratitude. J'adresse également à M. Matruchot, à M. Dufour et à M. Jean Friedel, l'expression de toute ma reconnaissance.

GÉNÉRALITÉS

Les graines de *Plantago* que j'ai étudiées sont petites ; elles ont de 1 à 4 millimètres de longueur et de 1 à 3 millimètres de largeur, elles sont soit aplaties d'un côté et convexes de l'autre, soit convexes des deux côtés ; la plupart d'entre elles sont légèrement ellipsoïdales, présentant sur le côté ventral un sillon plus ou moins profond selon l'espèce. Le hile se trouve au fond du sillon, limité par une sorte de crête surélevée. La couleur des graines est tantôt grise, tantôt verte, tantôt d'un brun plus ou moins foncé. La graine du *P. ovata* et du *P. crassifolia* paraît entourée d'une enveloppe blanche transparente.

L'embryon occupe dans la graine un espace plus ou moins grand suivant l'espèce ; le reste est occupé par l'albumen. Par exemple, chez le *P. maxima*, l'albumen est très réduit et l'embryon à lui seul remplit presque complètement la graine ; chez le *P. lanceolata* l'embryon n'occupe que le tiers du volume total ; chez le *P. Cynops* il est encore relativement de plus faible volume.

GERMINATION

Les germinations ont été effectuées le plus souvent sur du papier filtre, maintenu constamment humide, parfois simplement dans la terre. Le premier procédé a cet avantage qu'on peut bien suivre tous les détails de la germination, ce qui est plus difficile dans le deuxième cas.

Les premiers stades du développement ont, en général, été rapidement obtenus ; la croissance s'est toujours arrêtée au bout de deux à cinq semaines, ce qui — à la vérité — était suffisant pour mes recherches puisque je ne me proposais d'étudier que la jeune plante.

La germination des espèces que j'ai étudiées s'effectue généralement de deux à six jours après le semis ; seule, la germination du *P. major* ne s'est produite qu'au bout de deux mois, mais il faut remarquer que ces expériences ont été faites pendant l'hiver ; quand j'ai opéré au printemps, les graines de *P. major* n'ont exigé qu'environ deux semaines pour leur germination. Pour germer normalement, les graines de cette espèce semblent donc avoir besoin d'une température assez élevée.

Quand les graines germent, on voit d'abord une déchirure se produire dans la région du micropyle ; c'est par là que sort la radicule ; puis la tigelle s'allonge plus ou moins suivant l'espèce. Chez beaucoup, la tigelle reste si courte qu'on ne la distingue de la racine que grâce à la coloration gris foncé que prend cette dernière.

La racine s'accroît toujours beaucoup ; elle produit de très bonne heure des radicelles parfois très nombreuses. Notons cependant une exception : chez le *P. Coronopus* les radicelles sont à la fois rares et tardives.

Il faut remarquer ici que, pour les graines germant dans la terre, les racines sont beaucoup moins longues et aussi plus grêles que pour celles qui germent sur le papier humide.

Les cotylédons renfermés d'abord dans la graine, sortent du tégument après un temps variable suivant l'espèce. Par exemple cette sortie est tardive et semble difficile chez le *P. Cynops*. Au contraire, chez la plupart des autres espèces, et en particulier chez le *P. Coronopus*, les cotylédons s'épanouissent très vite.

Chez le *P. maxima*, j'ai observé un fait anormal : soit dans l'eau, soit dans la terre, pour les trois quarts environ des graines qui ont été semées, les cotylédons sont sortis du tégument de la graine du côté opposé au micropyle sans que la radicule soit sortie. La plantule peut persister assez longtemps dans cet état (six semaines) (fig. 1).

Notons un détail de la germination : les graines placées sur le papier filtre maintenu constamment humide, se gonflent légèrement et au bout de une à trois heures se recouvrent d'une substance blanchâtre d'apparence mucilagineuse, plus ou moins épaisse. Chez les *P. Candollei*, *arenaria*, *Cynops*, *pumila*, *ovata*, *maritima* en particulier, le mucilage est très épais et il englobe en une seule masse opaque un grand nombre de graines voisines.



Fig. 1. — Graines de *Plantago maxima* qui ont germé d'une façon anormale.

Un travail sur ce point a été déjà publié par Fiehe (1), mais pour une seule espèce, *P. Psyllium*.

1. Fiehe : Der Schleimkorp des Samens von *P. Psyllium*, Munich, 1904.

PLANTAGO LANCEOLATA

I. Graine. — La graine du *P. lanceolata* mesure 4 millimètres de longueur sur 1 millimètre 1/2 de largeur ; sa forme est sensiblement elliptique, une des faces est concave, l'autre au contraire présente une dépression à rebord saillant et porte au centre une petite zone noirâtre représentant le hile. L'embryon, situé au milieu de la graine, en occupe environ le tiers ; un albumen abondant entoure l'embryon et s'étend surtout aux deux extrémités de la graine.

Pour faire plus facilement des coupes dans les graines, il est bon de les faire tremper préalablement dans l'eau pendant vingt-quatre heures. En pratiquant alors des coupes transversales en séries, on constate que l'extrémité de la radicule est constituée par un tissu non différencié. Plus haut on peut distinguer une écorce et un cylindre central, grâce à la différenciation de l'endoderme.

Cette distinction est encore plus nette dans les cotylédons, bien que les éléments conducteurs y soient encore peu différenciés.

II. Germination. — La germination se produit au bout de quatre jours environ. Quand la graine

commence à germer, on voit se produire une fente dans la région du micropyle ; la tigelle ne s'allonge pas beaucoup ; après avoir atteint une longueur de quelques millimètres, elle reste stationnaire ; la racine, au contraire, s'allonge rapidement ; les cotylédons sont encore renfermés dans la graine alors que la plantule mesure déjà 3 centimètres ; mais ils finissent par s'épanouir quand ils ont de 5 à 6 millimètres de longueur.



Fig. 2. — *Plantago lanceolata : c, c*[1], cotylédons ; *r*, racine ; *h*, axe hypocotylé ; f_1, f_5, feuilles primordiales.

Quand la plantule atteint environ 10 centimètres de longueur, et que les cotylédons mesurent 1 cm. 1/2, la première feuille apparaît. Cette feuille a une forme toute différente de celle de la feuille cotylédonnaire ; elle s'accroît très rapidement et au bout de quelques jours sa taille dépasse celle d'un cotylédon.

La plantule particulière que je vais étudier ici a été cueillie environ un mois après le commencement de la germination ; sa racine mesure 7 centimètres de longueur et présente de nombreuses radicelles ; la tige a 5 millimètres seulement, les cotylédons 2 centimètres ; la première feuille est plus grande que les cotylédons et une deuxième feuille commence à apparaître (fig. 2.)

III. Structure anatomique. — *Racine.* — La racine présente une structure normale ; une coupe transversale pratiquée dans la région où les poils absorbants ne sont pas encore tombés, montre que l'écorce présente successivement une assise pilifère formée de cellules légèrement aplaties et plus petites que celles du reste de l'écorce. Une écorce proprement dite constituée par neuf assises de cellules plus ou moins arrondies laissant entre elles des méats, qui sont de plus en plus grands, quand on se rapproche du cylindre central ; la dernière assise, formée de cellules aplaties avec des épaississements latéraux, constitue un endoderme bien caractérisé.

Dans le cylindre central on voit extérieurement une assise péricyclique dont les cloisons alternent avec celles de l'endoderme. Le cylindre central paraît entièrement formé d'éléments libériens et d'éléments ligneux : il n'y a pas de moelle. Quant aux rayons médullaires, ils sont représentés uniquement par un petit nombre d'assises de chaque côté des faisceaux du bois. Deux faisceaux ligneux, dont les parties élargies se touchent au centre, ont leurs pointes en contact avec les éléments du péricycle : au niveau que j'étudie ici le péricycle commence à se cloisonner et on voit, en effet, plusieurs cellules déjà divisées en face des pointes ligneuses. Les deux faisceaux libériens ne sont séparés du bois que par des éléments qui se cloisonnent déjà activement et toujours dans le sens tangentiel. Ces cloisonnements continuent, pour ainsi dire, ceux du péricycle et

dessinent ainsi une assise génératrice en forme d'ellipse.

Axe hypocotylé. — En pratiquant une coupe transversale dans l'axe hypocotylé, on observe un épi-

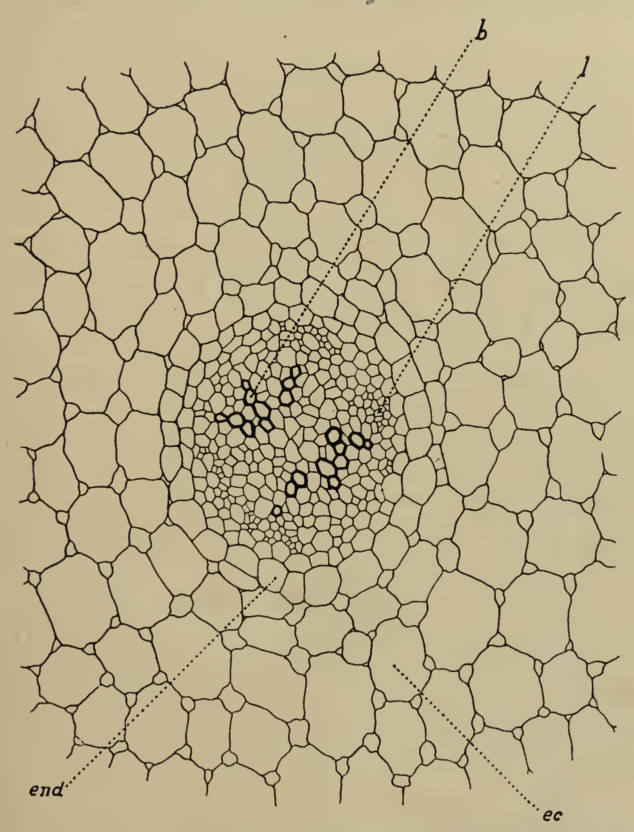


Fig. 3. — *Plantago lanceolata :* Coupe transversale dans l'axe hypocotylé ; *b.* bois ; *l.* liber ; *end.* endoderme ; *ee.* écorce

derme dont les cellules, régulièrement disposées, ont une forme un peu arrondie extérieurement ; elles sont plus petites que celles de l'écorce et sont recouvertes d'un cuticule.

L'écorce est constituée par six à sept assises de

cellules de forme arrondie, laissant entre elles des méats ; la septième assise est l'endoderme, dont les cellules plus régulières, sont plus grandes dans le sens tangentiel que dans le sens radial et présentent des épaississements latéraux.

Le péricycle est formé d'une assise de cellules. Il y a quatre faisceaux du bois formant plusieurs masses, séparées par des rayons médullaires qui réunissent la moelle au péricycle. Quant au liber il forme un cercle interrompu et surtout en deux endroits diamétralement opposés (fig. 3).

J'ai suivi une série de coupes successives depuis la région que je viens de décrire jusqu'à l'endroit où les cotylédons se séparent de la tige. Le cylindre central change progressivement de forme ; de rond qu'il était auparavant, il devient maintenant aplati ; on y distingue quatre faisceaux qui ont une forme et des dimensions différentes : deux d'entre eux, qui se rendront plus haut dans les cotylédons, sont plus petits que l'un des deux autres, qui, comme nous le verrons plus loin, est destiné à entrer dans la première feuille. Le quatrième faisceau qui était le plus petit de tous, diminue de plus en plus ; dans sa partie terminale, il est formé presque exclusivement d'éléments libériens. Il entrera plus haut dans la deuxième feuille, qui naîtra plus tard, opposée à la première (fig. 4). A ce niveau, les éléments autres que ceux du cylindre central n'ont pas changé, les cellules épidermiques sont seulement un peu plus aplaties. On y voit des stomates qui ne font

presque pas saillie sur le plan général de l'épiderme.

Dans une coupe faite à un niveau encore plus élevé, on voit que les deux faisceaux destinés aux cotylédons sont de plus en plus repoussés vers l'extérieur et se trouvent dans l'écorce. Puis on distingue les épi-

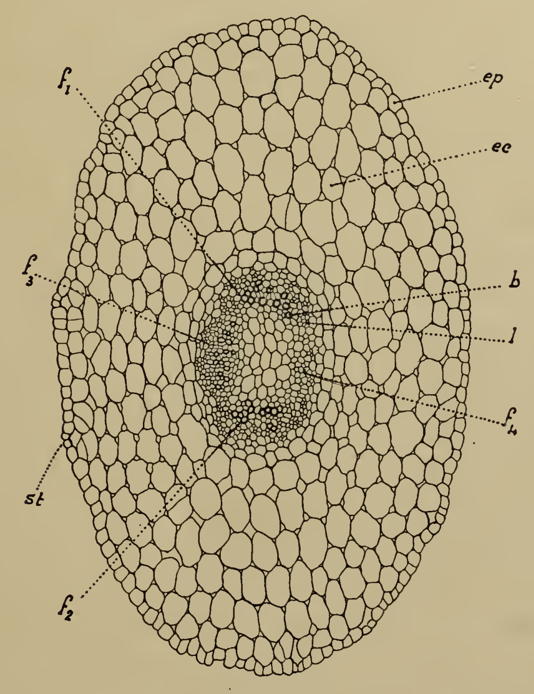


Fig. 4. — *P. lanceolata :* Coupe transversale, immédiatement au-dessous des cotylédons ; f_1, f_2, f_3, faisceaux libero-ligneux ; f_5, faisceaux libériens ; *st*, stomates, *ec*, écorce.

dermes, à cellules bombées vers l'extérieur, des cotylédons qui se séparent à ce niveau.

Les faisceaux destinés à la première et à la seconde feuille, avec le tissu conjonctif qui les entoure, prennent une forme générale d'ellipse à grand axe perpendiculaire au plan des cotylédons. Le faisceau

de la première feuille a, de chaque côté, un petit faisceau ; ils formeront une nervure médiane et deux nervures latérales.

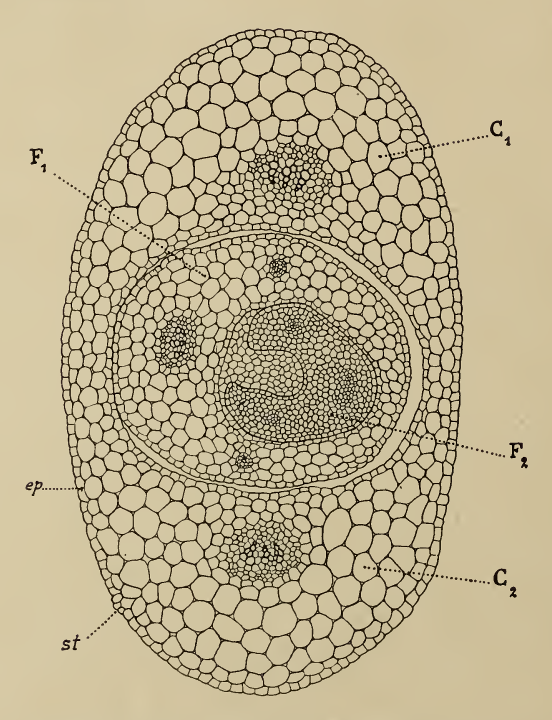


Fig. 5. — Disposition des cotylédons et des feuilles (*P. lanceolata*) ; C_1 C_2, cotylédons ; F_3 F_2, feuilles primordiales ; *ep*, épiderme ; *st*, stomates.

Le quatrième faisceau ira dans la deuxième feuille, opposée à la première, et émettra lui-même de fines nervures latérales (fig. 5).

PLANTAGO LUSITANICA

I. Graine. — La graine du *P. lusitanica* mesure 2 millimètres et demi de longueur sur 1 millimètre de largeur, elle a le même aspect que celle du *P. lanceolata*. L'embryon a la même position que chez le *P. lanceolata*.

II. Germination. — Les graines germent au bout de quatre jours, mais s'arrêtent au huitième jour. Au début la germination ressemble à celle du *P. lanceolata* ; les cotylédons et la première feuille ont la même structure que dans la plantule précédente ; il y aurait eu, par suite, grand intérêt à les comparer, malheureusement je n'ai pas réussi à obtenir une plantule développée.

III. Structure anatomique. — *Racine.* — Une coupe transversale dans la région de la racine munie de poils absorbants chez une plantule qui n'a que six jours, montre dans l'écorce successivement :

1° Une assise pilifère pourvue de poils absorbants, dont les cellules, plus petites que celles des assises suivantes, sont aplaties extérieurement ;

2° Cinq à six assises de cellules, de forme arrondie, laissant entre elles des méats, de plus en plus grands

vers l'intérieur. Les cellules de la dernière assise disposées plus régulièrement sans méats et munies de membranes plus épaissies, constituent l'endoderme ; enfin, une assise de cellules péricycliques se distingue à la périphérie du cylindre central.

Dans le cylindre central sont deux faisceaux de bois accolés au centre, touchant le péricycle par leurs pôles. Ces faisceaux de bois alternent avec deux faisceaux libériens et sont séparés de ceux-ci par des éléments qui se cloisonnent, formant ainsi une assise génératrice.

Axe hypocotylé. — Par une série de coupes successives de cette plantule, j'ai observé, dans la région de l'axe hypocotylé, un épiderme formé de cellules régulièrement disposées, de forme rectangulaire, pourvues d'une cuticule assez épaisse. Les six à huit assises suivantes, qui constituent l'écorce sont formées de cellules plus ou moins arrondies, laissant des méats entre elles ; dans cette région je n'ai pu observer ni endoderme ni péricycle.

Cylindre central. — Dans le cylindre central, on voit les éléments libériens formant presque un anneau ; le bois n'est pas encore différencié, c'est à peine si l'on voit quelques cellules lignifiées au milieu du liber, au centre se trouve la moelle.

Dans les coupes suivantes on voit que le cylindre central a changé de forme ; auparavant il avait le contour arrondi, tandis que maintenant il a pris une forme allongée légèrement elliptique. Les deux faisceaux situés sur le grand axe de l'ellipse sont des

faisceaux cotylédonaires. Les vaisseaux du bois sont plus nombreux que dans la coupe précédente.

Le troisième faisceau, qui a la forme allongée radialement, n'a encore lignifié aucun de ses éléments ; ce faisceau ira à la première feuille. Plus loin on voit le cylindre central s'étrangler en son milieu et séparer ainsi les faisceaux cotylédonaires ; plus tard, en effet, là où les deux cotylédons sont séparés, on voit au centre un faisceau isolé en forme de fer à cheval, qui fournit la nervation de la première feuille.

PLANTAGO CORONOPUS

I. Graine. — Les graines de *P. Coronopus* sont toutes petites ; elles mesurent à peine 1 millimètre de longueur sur 1 millimètre de largeur ; elles ont une forme ronde et une couleur gris foncé.

L'embryon occupe presque toute la graine ; le tissu de l'embryon est différencié sans que les appareils conducteurs y soient visibles.

II. Germination. — J'ai obtenu la germination au bout de trois jours ; le mode de germination est le même que chez les espèces précédentes ; seulement ici les cotylédons sortent de très bonne heure du tégument de la graine ; les feuilles naissent assez vite, et presque simultanément. Les cotylédons et les feuilles, à l'état jeune, ont sensiblement le même aspect. Quand les cotylédons et les premières feuilles ont acquis l'état adulte, c'est-à-dire trois à quatre semaines après la germination, il y a en quelque sorte un arrêt dans le développement, au moins dans les conditions où j'ai obtenu mes germinations. La racine, au contraire, continue à s'allonger.

La tigelle est ici très courte, on ne la distingue, au-dessous des cotylédons, que par sa coloration pâle,

la racine acquérant au contraire une coloration un peu foncée. Cette racine a une longueur de 10 centimètres environ. Les radicelles sont rares et naissent assez tardivement (fig. 6).

III. Structure anatomique. — *Racine.* — En pratiquant une coupe transversale dans la base de la racine, on voit une assise périphérique non pourvue encore de poils absorbants, constituée par des cellules plus petites que celles des assises suivantes, et aplaties radialement ; les trois assises des cellules suivantes sont de forme un peu arrondie.

L'endoderme et le péricycle ne sont pas encore caractérisés ; leurs cellules ne diffèrent pas de celles des assises précédentes.

Dans le cylindre central on voit deux faisceaux du bois accolés au centre, alternant avec deux faisceaux libériens et séparés de ceux-ci par des cellules qui se cloisonnent déjà activement, formant ainsi une zone génératrice. Un peu plus haut vers la tige, le diamètre de la racine est plus grand ; aussi dans le cylindre central les vaisseaux du bois augmentent-ils en nombre. Si nous suivons attentivement une série de coupes, depuis



Fig. 6. — *Plantago Coronopus*, c_1 c_2, cotylédons ; f_1, f_2, f_3, f_4, feuilles ; *r*, racine ; *h*. axe hypocotylé.

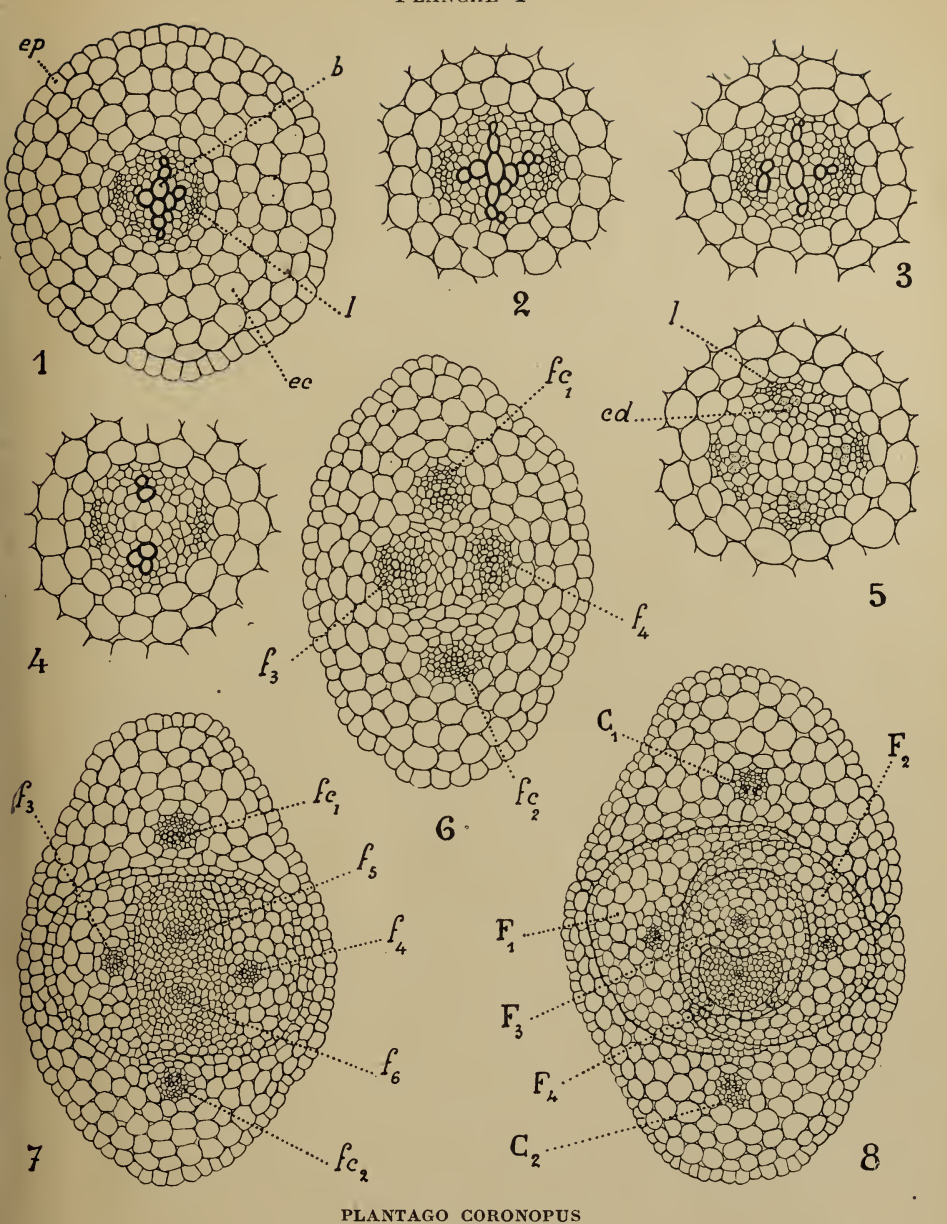
celles que je viens de décrire jusqu'aux cotylédons, nous voyons que les éléments du bois disparaissent progressivement. Il s'agit ici du système conducteur primordial des parties hypocotylées de la jeune plante.

A l'inverse du bois, le liber ne semble pas disparaître complètement ; juste au-dessous des cotylédons, il se rapproche du centre de la tige, mais il ne tarde pas à se diviser en quatre faisceaux bien nets limitant une moelle centrale. Le liber est disposé au dehors en forme de demi-cercle ; à l'intérieur du liber sont des cellules avec un noyau plus volumineux et un protoplasma plus compact qui se lignifieront plus tard ; le massif formé par ces cellules finit en pointe vers l'intérieur.

De ces quatre faisceaux, deux iront dans les cotylédons et les deux autres dans les feuilles ; on voit, en effet, deux d'entre eux s'éloigner de plus en plus du centre de la tige et finalement entrer dans l'écorce pour passer dans les cotylédons. Quant aux deux autres faisceaux, ils se fusionnent plus ou moins complètement pour un certain temps ; puis à partir de cet ensemble s'en constituent trois ; deux se rendront respectivement dans les deux premières feuilles qui sont opposées et naissent simultanément ; le troisième est destiné à la troisième feuille qui naîtra isolée et un peu plus tard.

C'est avant que les faisceaux se rendent dans les cotylédons et les feuilles qu'un bois nouveau se dif-

Planche I



PLANTAGO CORONOPUS

Coupes successives depuis de la base de la racine terminale jusqu'aux cotylédons et premières feuilles :

F. 1. — Les faisceaux du bois, accolés au centre, alternent avec deux faisceaux du liber.
Fig. 2—4. — Le bois diminue successivement.
Fig. 5. — La coupe ne présente plus de bois différencié mais uniquement du liber disposé en quatre faisceaux. A l'intérieur du liber sont des cellules qui se différencieront plus tard en bois.
Fig. 6. — Le bois commence à apparaître.
Fig. 7. — Le bois est plus abondant.
Fig. 8. — Dispositions des cotylédons et des feuilles.

férencie à leur intérieur, s'y dispose de façon que les faisceaux redevenus libéro-ligneux aient la structure superposée bien connue.

(Pour les détails, voir l'explication de la Planche I.)

PLANTAGO MAXIMA

I. Graine. — Les graines de *P. maxima* sont petites, très minces, aplaties dans le sens de l'épaisseur, légèrement contournées ; elles présentent d'un côté, dans le sens de la longueur, un petit sillon à peine marqué ; elles ont une couleur brunâtre, presque noire, et mesurent en moyenne 3 millimètres de longueur sur 1 mm. 1/2 de largeur ; les graines ont une dimension variable. L'embryon remplit presque toute la graine. En faisant une coupe transversale dans cet embryon, dans la région de formation des cotylédons, on voit déjà à partir de l'extérieur, une première assise formée de cellules un peu allongées tangentiellement, plus petites que celles des assises suivantes ; ensuite viennent huit assises de cellules de forme arrondie ; près du cylindre central on remarque de petits méats ; la huitième assise est l'endoderme, qui se distingue par ses épaississements latéraux ; vient ensuite une assise de cellules péricycles qui bordent le cylindre central.

Dans le cylindre central on trouve une structure de racine : deux faisceaux du bois alternant avec

deux faisceaux du liber et séparés de ceux-ci par la moelle.

La graine dont il vient d'être question avait séjourné six jours dans l'eau, mais sans trace de germination.

II. Germination. — J'ai obtenu la germination au bout de quatre à cinq jours. Trois quarts des graines ont germé de façon anormale, comme je l'ai déjà indiqué plus haut. La plantule que je me propose d'étudier ici a un mois environ, elle mesure 5,5 de longueur et son développement a été normal.

III. Structure anatomique. — *Racine.* — En faisant une coupe transversale au-dessous du collet nous retrouvons la même structure que chez le *P. Coronopus :* deux faisceaux du bois accolés au centre, alternant avec deux faisceaux du liber et séparés de ceux-ci par des cellules qui se cloisonnent, formant ainsi une assise génératrice.

Si nous étudions maintenant une série de coupes, allant de la racine que je viens de décrire jusqu'à l'endroit où apparaissent les premières indications des cotylédons, nous verrons qu'ici les choses se passent autrement que ce que nous avons observé chez *P. Coronopus.* Prenons une coupe passant exactement dans la région du collet ; nous voyons qu'au milieu du cylindre central est apparue la moelle, qui de cette façon a dissocié les éléments du bois, ainsi que ceux du liber. Les faisceaux du bois sont irrégulièrement disposés, mais bientôt on voit que ces éléments vont se distribuer en quatre

groupes : deux grands faisceaux bifurqués en forme de V dont la pointe est dirigée vers l'intérieur ; le troisième faisceau est également en forme de V, seulement la pointe est ici tournée vers l'intérieur ; le quatrième enfin est un tout petit faisceau qui diminue de dimensions en allant vers le sommet de la tige. Quant au liber il s'est divisé en plusieurs petits îlots qui, après s'être déplacés irrégulièrement, viennent enfin se ranger à l'extérieur de chaque faisceau de bois.

Les deux grands faisceaux s'éloignent de plus en plus et finalement entrent dans l'écorce, pour former les nervures des deux cotylédons ; un des deux autres faisceaux, le plus grand, est destiné à la première feuille et le tout petit faisceau ira dans la seconde feuille, opposée à la première, et qui naîtra plus tard.

PLANTAGO CYNOPS

I. Graine. — Les graines de *P. Cynops* sont très renflées d'un côté, avec sillon profond de l'autre ; au fond du sillon est le hile. Ces graines sont de couleur gris clair, de forme ellipsoïdale, mesurent 4 millimètres de longueur et ont un bout plus large que l'autre.

L'embryon occupe environ un quart de la graine.

II. Germination. — La germination s'est produite au bout de quatre jours environ. Le mode de germination est semblable à celui de *P. lanceolata ;* les cotylédons sortent difficilement du tégument de la graine. L'axe hypocotylé prend au-dessous des cotylédons une coloration rouge pendant quelques jours. La racine, de très bonne heure, est pourvue de très nombreux poils absorbants, formant un manchon très épais.

La plantule que je vais étudier a été recueillie au bout de trois semaines ; elle mesurait 7 cm. 1/2 ; sa racine avait 5 centimètres de longueur, sa tigelle 1 centimètre et les cotylédons 1 cm. 1/2. La séparation entre la racine et la tige se distingue, comme

chez les autres espèces, par la coloration gris foncé que prend la racine.

III. Structure anatomique. — *Racine.* — Dans une coupe transversale de la racine terminale on reconnaît la même structure que chez *P. lanceolata.*

J'ai également observé ici une coupe transversale presque au sommet de la racine et j'ai toujours constaté que les faisceaux du bois étaient accolés au centre, ce qui n'est pas le cas chez les autres, car dans les racines de la plupart des espèces les éléments du bois se réunissent seulement au niveau du collet.

Si on suit maintenant une série de coupes successives à partir de la région du collet jusqu'à l'endroit où les cotylédons se séparent de la tige, on voit qu'au-dessus de la racine terminale, au milieu de l'axe, est apparue la moelle, qui, de cette façon, a dissocié les éléments du bois ; ceux-ci se sont disposés en quatre groupes formant deux grands faisceaux et deux petits. Le cylindre central a pris une forme elliptique ; les deux grands faisceaux du bois sont aux extrémités du grand axe de l'ellipse ; les petits faisceaux aux extrémités du petit axe.

Le liber forme ici un anneau presque complètement fermé ; il est superposé au bois et bientôt il se divise en quatre : nous avons alors quatre faisceaux libéro-ligneux. Il faut remarquer ici que les faisceaux du liber sont de grandeur inégale ; au-dessus des grands faisceaux du bois ils sont petits et pauvres

en éléments libériens ; au contraire, deux grands faisceaux du liber sont superposés aux petits faisceaux de bois.

Dans cette coupe, il y a sept ou huit assises de cellules corticales de forme plus ou moins arrondie, avec des méats ; l'endoderme et le péricycle ne sont

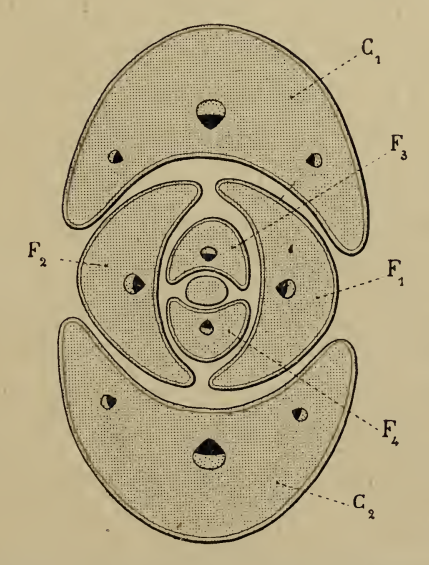


Fig. 7. — *Plantago Cynops*. Disposition des cotylédons et des feuilles : C_1, C_2, cotylédons; F_1, F_2, F_3, F_4, feuilles.

pas ici bien caractérisés, leurs cellules ressemblent à celles des assises précédentes.

Dans les coupes suivantes, on voit les deux grands faisceaux libéro-ligneux destinés à entrer dans les cotylédons s'éloigner de plus en plus du centre, entrer bientôt dans l'écorce, et finalement passer dans les deux cotylédons. Les deux autres faisceaux prennent maintenant une position différente et deviennent

perpendiculaires au grand axe de l'ellipse. Le liber de ces faisceaux prend bientôt une forme d'arc — puis les deux faisceaux se réunissent par leurs extrémités ; leur disposition, en coupe transversale, forme une sorte de quadrilatère — mais se divise aussitôt pour former quatre nouveaux faisceaux. De ces quatre faisceaux deux sont libéro-ligneux et deux exclusivement libériens ; les premiers, perpendiculaires aux deux cotylédons, sont destinés à passer dans les premières feuilles. On les voit s'éloigner du centre, puis passer de là dans les deux premières feuilles, lesquelles ont la même structure que les cotylédons.

Les deux autres faisceaux sont d'abord exclusivement libériens, acquièrent un peu de bois dès le moment où ils se disposent en coupe transversale suivant la forme d'un quadrilatère, comme les premiers ; ils se comportent comme ceux-ci et ainsi de suite (fig. 7).

PLANTAGO LAGOPUS

I. Graine. — Les graines de *P. Lagopus* sont allongées, ellipsoïdales, renflées d'un côté, et de l'autre présentent un sillon large et profond dans le sens de la longueur. Dans le fond du sillon se trouve le hile. Les graines sont de couleur jaune foncé ; elles mesurent 2 millimètres de longueur et 1 millimètre de largeur.

II. Germination. — Les graines de cette espèce ont germé au bout de trois jours ; le mode de germination est analogue aux précédents, mais ici la tigelle s'allonge davantage : une plantule de trois semaines mesure 9 cm. 1/2 (tige 7 millimètres, cotylédons 8 millimètres et racine 80 millimètres). Sur la racine naissent de nombreuses radicelles.

III. Structure anatomique. — La structure anatomique de la racine et de la tige, et la forme des cotylédons ressemblent à celles de *P. Cynops.*

PLANTAGO ACANTHOPHYLLA

I. Graine. — Les graines sont petites, de différentes grandeurs, les plus grosses mesurent 3 millimètres de longueur sur 1 millimètre de largeur ; elles sont renflées d'un côté et aplaties du côté opposé, où semble être le hile.

II. Germination. — La germination a lieu au bout de trois jours. Les plantules ressemblent à celles de *P. Coronopus* quand elles sont jeunes. Les cotylédons ne s'allongent pas beaucoup, les deux premières feuilles sont opposées et naissent simultanément, la troisième feuille naît isolée. Les feuilles sont aplaties et les cotylédons sont un peu plus épais que les feuilles.

III. Structure anatomique. — En faisant une coupe transversale à la base de la racine, on trouve la même structure que chez *P. lanceolata ;* seulement ici l'endoderme et le péricycle sont moins nets, toutes les assises de cellules se ressemblent ; en outre le cylindre central est ici plus grand relativement à l'écorce. L'observation d'une série de coupes suc-

cessives nous permet de voir que dans la région du collet, les éléments ligneux diminuent à mesure qu'on avance vers le sommet de la tige, comme nous l'avons observé chez le *P. maxima* et *Coronopus*. Dans une coupe transversale de l'axe hypocotylé, on voit un épiderme recouvert d'une cuticule dont les cellules sont aplaties tangentiellement, plus petites que celles de l'écorce. L'écorce comprend huit assises de cellules de forme irrégulière, laissant des méats entre elles. Dans le cylindre central, il y a quatre faisceaux formés exclusivement d'éléments libériens à l'extérieur, et vers l'intérieur de cellules plus compactes, à noyau plus volumineux, qui en se différenciant donneront plus tard les éléments du bois.

Dans cette région la coupe a une forme elliptique. Les deux faisceaux qui sont destinés à entrer dans les cotylédons sont arrondis vers l'extérieur et aplatis vers l'intérieur ; les deux autres faisceaux foliaires présentent une forme triangulaire, dont la pointe est dirigée vers l'intérieur. Les deux faisceaux cotylédonaires s'éloignent de plus en plus, entrent dans l'écorce, pour se séparer ensuite du reste de la tigelle ; les deux autres faisceaux au contraire sont refoulés au centre, finissent par se rejoindre pour se rediviser en plusieurs îlots. Les îlots se disposent ensuite pour entrer dans les deux premières feuilles qui sont opposées perpendiculairement aux cotylédons et naissent simultanément ; ensuite se forment de nouveau trois petits faisceaux, qui se disposent pour former la troisième feuille qui naîtra isolément.

Cette plantule présente donc le même développement que *P. Coronopus*, seulement ici nous n'avons pas la même symétrie dans la tige. Notons chez *P. acanthophylla* la présence de stomates que je n'ai pas remarquée chez *P. Coronopus*.

PLANTAGO MARITIMA

I. Graine. — Les graines de *P. maritima* sont lancéolées, convexes d'un côté et creusées de l'autre, par un sillon, comme celle de *P. lanceolata* ; elles n'en diffèrent guère que grâce à leur couleur brun foncé. Elles mesurent 2 millimètres de longueur sur 1 millimètre de largeur.

L'embryon remplit presque toute la graine.

II. Germination. — La germination se produit après six jours. Au début, la plantule ressemble à celle de *P. acantophylla*, par la forme et la longueur des cotylédons et des premières feuilles. Mais elle en diffère par la troisième feuille qui naît isolée et qui est plus grande.

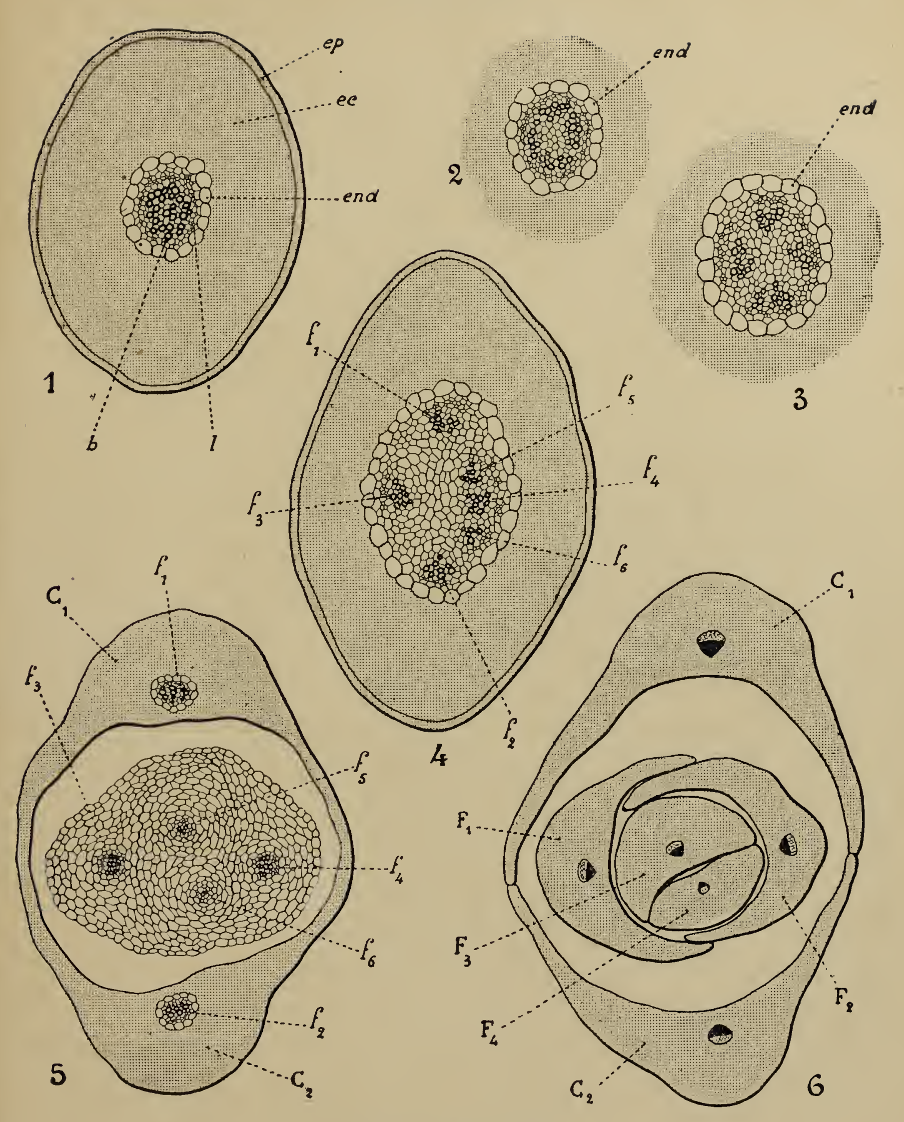
III. Structure anatomique. — Dans une plantule de six semaines, une coupe transversale, à la base de la racine, nous montre un cylindre central très petit, relativement à l'écorce ; les éléments du bois sont ici très nombreux, remplissent presque tout le cylindre central ; le liber forme un anneau mince, qui entoure complètement le bois.

Dans les coupes suivantes, vers la région de la

tige hypocotylée, on voit que, par l'apparition de la moelle, les éléments du bois se sont dissociés ; le cylindre central est sensiblement plus grand dans cette région ; l'endoderme se caractérise très nettement par ses épaississements latéraux. Le liber se trouve ici superposé au bois. Ces éléments libéro-ligneux, étant dissociés, forment plusieurs îlots : deux entreront dans les cotylédons ; les autres se disposent de telle façon que chaque faisceau se destinera à l'une des feuilles. Ce que cette plantule présente de particulier, c'est que les faisceaux sont toujours libéro-ligneux, dès la base de la tigelle, et que chaque faisceau, aussi petit qu'il soit, possède les deux éléments conducteurs. Une autre particularité est qu'au-dessus des cotylédons les quatre feuilles s'épanouissent presque simultanément.

(Pour les détails, voir l'explication de la Planche II.)

PLANCHE II



PLANTAGO MARITIMA

Coupes successives depuis le collet jusqu'à formation cotylédons et feuilles.

Fig. 1. — Coupe transversale dans la région du collet montrant les éléments lignifiés au centre et entouré d'un anneau du liber.

Fig. 2 et 3. — Les éléments du bois se sont dissociés par l'apparition de la moelle et des rayons médullaires.

Fig. 4. — Le cylindre central est sensiblement plus grand; les éléments libéro-ligneux se sont disposés en six ilots.

Fig. 5. — Deux faisceaux ont pénétré dans les cotylédons, et les quatre autres faisceaux se sont disposés, en croix.

Fig. 6. — Disposition des cotylédons et des feuilles.

PLANTAGO CRASSIFOLIA

I. Graine. — Les graines de *P. crassifolia* sont rondes, ovoïdes, sans dépression, de couleur brun très foncé, et paraissent entourées d'une enveloppe blanche transparente ; elles mesurent 2 millimètres de longueur sur 1 millimètre de largeur.

II. Germination. — Les graines ont germé au bout de cinq jours. Je vais étudier une plantule de deux semaines, dont la racine a 3 centimètres. La très courte tigelle étant à peine marquée par sa coloration plus claire que la racine.

III. Structure anatomique.— En faisant une coupe transversale près du sommet de la racine, on retrouve la même structure que chez la plupart des espèces étudiées. L'assise pilifère est pourvue de nombreux poils absorbants, et ses cellules sont de forme rectangulaire. L'écorce a six à sept assises de cellules un peu arrondies, laissant des méats entre elles. La dernière assise, formée par des cellules plus régulièrement disposées, et caractérisée nettement par l'épaississement des cloisons radiales : c'est donc l'endoderme.

Enfin, le cylindre central débute par une assise de

cellules péricycliques. Dans le cylindre central, dont le diamètre est faible relativement à l'écorce, on voit deux faisceaux du bois accolés par leurs bases et alternant avec deux faisceaux libériens. Les deux faisceaux du bois ont un développement beaucoup plus considérable que les faisceaux libériens.

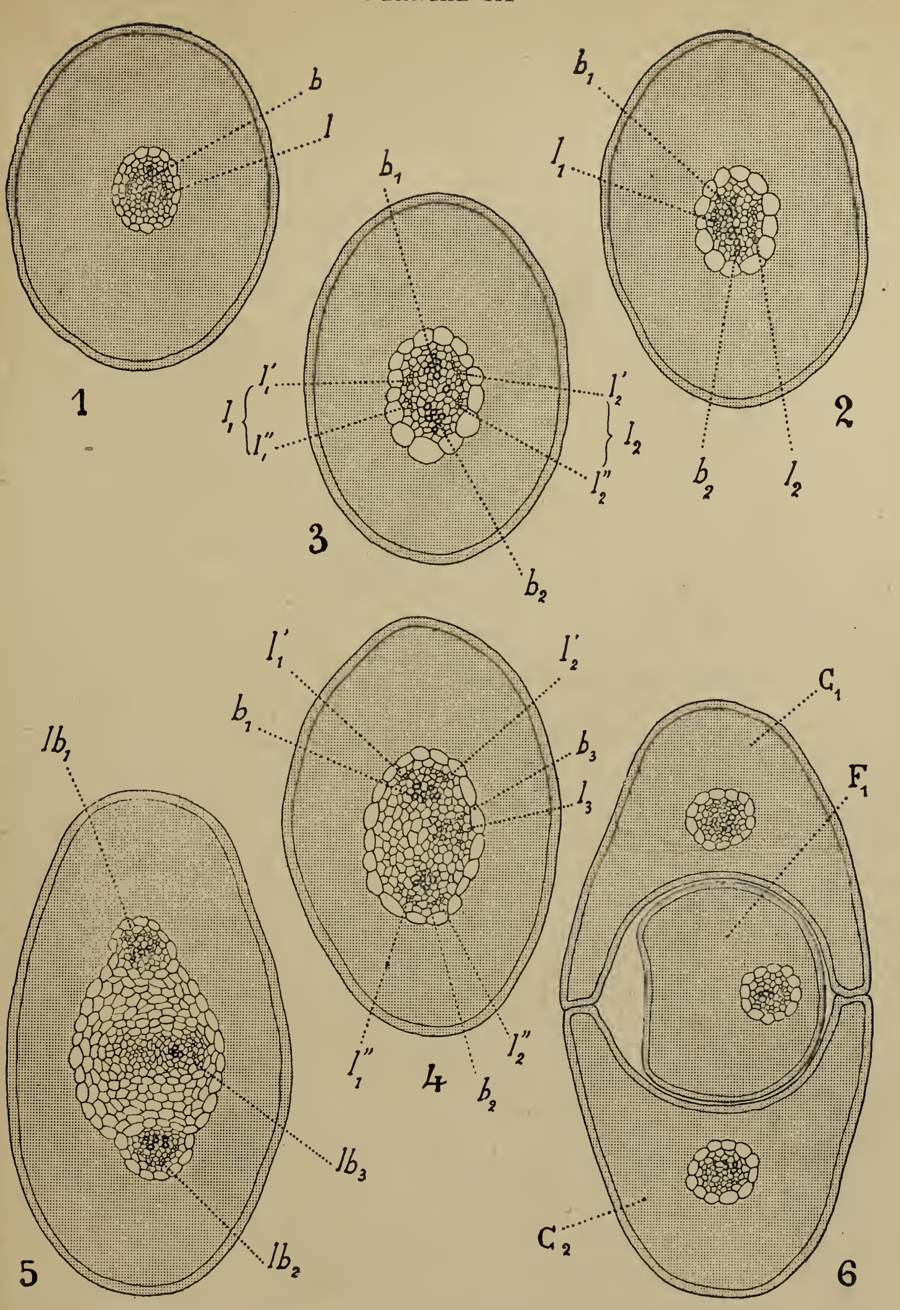
Les éléments du bois sont séparés de ceux du liber par un tissu conjonctif.

Si nous étudions maintenant une série de coupes successives dans la région où les poils absorbants sont complètement exfoliés, nous voyons que l'assise la plus externe est formée de cellules petites, recouvertes d'une cuticule ; de plus, l'endoderme semble être interrompu en certains points. Le péricycle commence à se cloisonner pour donner l'assise génératrice.

Les faisceaux du bois ont changé de forme, mais le nombre des vaisseaux est resté le même, tandis que les éléments libériens sont devenus ici plus nombreux. Le parenchyme situé à l'intérieur du péricycle commence à se cloisonner à ce niveau.

Dans les coupes suivantes on voit le cylindre central devenir plus large ; en outre les faisceaux du bois possèdent maintenant plus de vaisseaux. Le nombre des éléments libériens augmente également.

Dans la région du collet les éléments du bois sont en nombre maximum ; mais bientôt la moelle se fait jour au milieu et ainsi les faisceaux se trouvent dissociés en deux, mais ils ne disparaissent pas. A un niveau plus élevé, on voit les éléments du bois



PLANTAGO CRASSIFOLIA

Coupes successives depuis la base de la racine terminale jusqu'aux cotylédons et premières feuilles.

Fig 1. — Les deux faisceaux du bois accolés au centre, alternant avec le liber.

Fig. 2. — Le bois s'est divisé en deux.

Fig. 3. — Le bois s'est divisé en trois faisceaux ; le liber, divisé aussi en plusieurs faisceaux, se déplace pour se superposer au bois.

Fig. 4. — On reconnaît trois orientations très distinctes ; le liber est presque superposé au bois.

Fig. 5. — Trois faisceaux superposés sont visibles.

Fig. 6. — Les deux faisceaux externes ont passé dans les cotylédons, le faisceau médian dans la première feuille.

former trois groupes nets, ayant pris des orientations distinctes et comme nous le verrons plus loin, deux d'entre eux sont destinés à pénétrer dans les cotylédons ; quant au troisième faisceau il se rendra à la première feuille ; ce troisième faisceau se divise immédiatement en trois pour former une nervure médiane et deux nervures secondaires.

Revenons maintenant au liber ; quand les éléments du bois se sont dissociés par l'apparition de la moelle, le liber s'est divisé également ; il a suivi tout le trajet des faisceaux du bois, mais reste toujours à une certaine distance. C'est seulement quand les faisceaux se sont disposés en forme de nervure dans les cotylédons et la feuille que le liber est nettement superposé au bois dans cette région.

(Pour les détails, voir l'explication de la Planche III.)

PLANTAGO PUMILA

I. Graine.— Les graines de *P. pumila* sont allongées, ellipsoïdales, avec un bout plus gros que l'autre ; convexes d'un côté, elles présentent de l'autre, dans le sens de la longueur un sillon large et profond. Le hile paraît être au fond du sillon. La couleur des graines est jaune foncé ; ces graines mesurent 4 millimètres de longueur. L'embryon remplit à peine un quart de la graine.

II. Germination.— Les graines ont germé au bout de quatre jours. Les cotylédons rejettent de très bonne heure le tégument de la graine.

Je vais donner la structure d'une plantule de dix jours qui ne mesure que 3 centimètres.

III. Structure anatomique. — En faisant une coupe transversale à la base de la racine, nous retrouvons dans le cylindre central la même structure que chez les autres espèces étudiées ; deux faisceaux du bois accolés au centre, alternant avec deux faisceaux du liber et séparés de ceux-ci par un tissu conjonctif. J'ai aussi observé dans cette espèce la formation des radicelles ; elles prennent naissance en face des éléments du bois. Une coupe transversale dans une radi-

celle nous montre la même structure qu'à la base de la racine terminale.

Dans une série de coupes à partir de la région du collet jusqu'à la formation des cotylédons, nous retrouvons la même disposition des faisceaux que chez *P. Cynops* et *Lagopus ;* toutefois avec cette différence que chez *P. pumila*, après les quatre feuilles opposées naît une feuille isolée, tandis que chez *Cynops* et *Lagopus* j'ai observé six feuilles opposées deux à deux. En outre chez *P. pumila*, la tigelle reste courte ; chez *P. Cynops* et *Lagopus* elle s'allonge.

Notons encore dans cette plantule la présence de stomates qui font saillie à l'extérieur.

PLANTAGO ARENARIA

I. Graine. — Les graines de *P. arenaria* ressemblent à celles de *P. lanceolata*, et n'en diffèrent guère que par la couleur qui est d'un brun foncé ; elles mesurent 2 millimètres de longueur sur 1 millimètre de largeur.

L'embryon remplit un tiers de la graine.

En faisant une coupe transversale dans l'embryon des graines qui ont séjourné deux jours dans l'eau, on voit un tissu plus net et les appareils conducteurs y sont bien différenciés.

II. Germination. — La germination s'effectue au bout de cinq jours. Les cotylédons et les premières feuilles opposées ressemblent à celles de *P. Cynops Lagopus*.

III. Structure anatomique. — La racine et l'axe hypocotylé, ainsi que la formation des cotylédons et des feuilles, sont également semblables à ce qu'on observe chez *P. Cynops Lagopus*.

PLANTAGO OVATA

I. Graine. — Les graines paraissent entourées d'une enveloppe blanche transparente, plus épaisse sur les bords. Elles sont munies d'un sillon peu profond d'un côté dans le sens de la longueur ; elles sont convexes de l'autre. Elles mesurent 2 mm. 1/2 de longueur sur 1 mm. 1/2 de largeur.

II. Germination. — La germination s'est effectuée au bout de deux jours. Les cotylédons et les premières feuilles ressemblent à ceux de *P. maritima*.

III. Structure anatomique. — *Racine.* — Dans une coupe transversale de la base de la racine on voit dans le cylindre central, contrairement aux autres espèces étudiées, cinq faisceaux du bois, qui sont en forme de croix, réunis au milieu par des éléments lignifiés et alternant avec cinq faisceaux du liber. Dans une région un peu plus élevée, tout près du collet, on voit les éléments du bois augmenter et former maintenant deux grands faisceaux accolés au centre. Le liber a aussi augmenté ses éléments et forme maintenant presque un anneau autour du bois. En suivant les coupes successives,

on voit dans la région de l'axe hypocotylé apparaître la moelle — qui se place d'abord au centre du cylindre central — de cette façon elle dissocie les éléments du bois, qui bientôt se groupent pour former plusieurs faisceaux. Les éléments libériens se trouvant également disposés en plusieurs îlots par la formation de rayons médullaires, sont aussitôt superposés au bois.

Les faisceaux libéro-ligneux sont de dimension différente et sans aucune symétrie au début. Mais dans les coupes suivantes, il y a quatre faisceaux plus distincts, plus symétriques, avec, en plus, plusieurs petits faisceaux. Deux de ces grands faisceaux vont entrer dans les cotylédons et les deux autres dans les premières feuilles ; quant aux petits, ils se rendront respectivement dans les cotylédons et les feuilles pour former des nervures secondaires.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Je résumerai ici, en quelques mots, les principales observations que j'ai faites au cours de cette étude.

J'ai étudié en détail les espèces suivantes : *Plantago lanceolata*, *P. lusitanica*, *P. Coronopus*, *P. maxima*, *P. Cynops*, *P. Lagopus*, *P. acanthophylla*, *P. maritima*, *P. crassifolia*, *P. pumila*, *P. arenaria*, *P. ovata*.

Quant aux *P. major* et *P. Candollei*, leur structure paraît se rapprocher de celle de *P. lanceolata*.

Racine. — Les diverses espèces observées présentent le type binaire dans leur racine, sauf le *Plantago ovata*, qui possède quatre faisceaux du bois et quatre faisceaux du liber. Toujours les faisceau ligneux sont réunis au centre.

A la pointe de la racine, la différenciation du bois est peu avancée et les cellules du centre sont encore à parois minces et non lignifiées ; à mesure que l'on se rapproche de la base, la différenciation s'accentue ; à partir d'un certain niveau les deux faisceaux du bois sont réunis au centre. Cette différenciation du centre de la racine est plus hâtive chez certaines espèces et en particulier chez le *P. Cynops*, où elle existe déjà presque à la pointe. Il en est de même

chez *P. crassifolia* où, après huit jours de germination seulement, on voit déjà les deux faisceaux du bois lignifiés jusqu'au centre. Au contraire, chez le *P. Candollei*, les éléments du bois se différencient tardivement, car à l'extrémité de la racine d'une plantule de six jours, plantule qui est déjà bien développée puisqu'elle a une écorce de six à sept assises de cellules dans le cylindre central, les éléments conducteurs ne sont pas encore différenciés : à peine si le liber commence à faire son apparition ; c'est seulement en examinant toute une série de coupes qu'on peut voir le bois se différencier plus haut. Les deux faisceaux restent isolés sur presque toute la longueur de la racine, et ne s'accolent vers le centre qu'à peu près au niveau de la tige hypocotylée.

J'ai observé la formation des radicelles chez les *P. pumila* et *P. maxima* ; ces radicelles prennent naissance dans le cylindre central, en face des faisceaux du bois et présentent la structure binaire comme la racine terminale elle-même.

Collet, axe hypocotylé et jeune tige ; cotylédons et premières feuilles

A la base de la racine terminale et dans la partie du collet qui avoisine la racine, il y a toujours un maximum d'éléments du bois, qui bientôt sont disjoints par l'apparition de la moelle, laquelle vient s'intercaler d'abord au milieu du cylindre central.

Une fois dissociés, les vaisseaux du bois se rassemblent soit en quatre groupes (*P. lanceolata*), soit en trois (*P. crassifolia*), soit en six (*P. maritima*), soit en deux (*P. Cynops*). Chez les trois premières espèces, les éléments du bois se disposent en autant de groupes qu'il y a de feuilles primordiales, y compris les cotylédons.

Le mode de formation des faisceaux libéro-ligneux de la tige peut présenter trois cas :

Premier cas. — *P. Coronopus et P. acanthophylla.* — Il y a un *système conducteur primordial* dans la racine ; ce système s'arrête sensiblement au niveau de l'axe hypocotylé ; le bois y disparaît progressivement et le liber se rapproche du centre de la tige. Plus haut, le liber se divise ensuite en quatre faisceaux libériens.

Deuxième cas. — *P. crassifolia*, *maxima*, etc. — Dans une série de coupes à partir de la pointe de la racine jusqu'à l'insertion des cotylédons, on constate que contrairement au cas précédent, le bois ne disparaît pas, il en reste toujours auquel se relie le bois du système conducteur de la tige.

L'ensemble se dispose en un nombre de faisceaux égal au nombre de feuilles qui se formeront au début à savoir : trois s'il se forme trois feuilles (y compris les cotylédons) ; quatre, s'il se forme quatre feuilles (y compris les cotylédons), etc.Le liber se divise lui-même en un certain nombre de faisceaux qui suivent le bois et qui finissent par s'y superposer à la fin.

Troisième cas. — *P. cynops*, *P. arenaria.* — Ici

encore le bois persiste au-dessous des cotylédons. Près de la pointe de la racine le liber entoure presque complètement le bois. Deux modes sont à distinguer dans la façon dont se présentent les faisceaux en structure superposée.

a) Chez *P. cynops. P. arenaria*, le liber que le bois par l'apparition de la moelle et des rayons médullaires a divisé en quatre faisceaux inégaux, on distingue deux grands et deux petits faisceaux auxquels sont superposés quatre faisceaux libériens de dimension inversement proportionnelle au bois. Les deux faisceaux riches en éléments du bois et pauvres en liber se rendent dans les cotylédons, les deux autres faisceaux se réunissent par leurs extrémités pour se rediviser ensuite en quatre faisceaux.

Avant cette nouvelle division le liber abondant se réunit en formant un anneau et se redivise aussitôt en quatre faisceaux : deux de ceux-ci, destinés aux premières feuilles, acquièrent du bois et se rendent dans ces premières feuilles ; les deux autres se comporteront comme précédemment et ainsi de suite.

b) Chez *P. maritima, ovata*, les éléments libéro-ligneux se sont dissociés par l'apparition de la moelle et des rayons médullaires ; mais ici les éléments conducteurs toujours superposés se disposent en autant d'îlots qu'il y aura de feuilles (y compris les cotylédons).

Comme on vient de le voir, dans le troisième cas, les faisceaux de la base de l'axe hypocotylé ont toujours une structure superposée.

*
* *

On voit, d'après ce résumé, que la racine présente dans les diverses espèces une grande homogénéité de structure (type binaire), sauf *P. ovata*, mais qu'il y a des différences assez grandes dans la manière dont se compose le système conducteur qui unit le bois de la racine à celui de la tige.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1 *Gaston Bonnier* et *Leclerc du Sablon*. — Cours de Botanique.
2 *Baillon*. — Histoire des Plantes.
3 *Cugini Peli*. — Del gen. Plantago in Nuov. Giorn. bot. Ital., vol. IX, 1877, p. 82-90.
4 *Costantin*. — Tiges aériennes et souterraines. Ann. d. Sciences nat. Bot., 1883, p. 124-125.
5 *Engler* et *Prantl*. — Pflanzenfamillien.
6 *Eichler*. — Blüthendiagramme, p. 30 et 225.
7 *Fiche*. — Der Sahleimkorp. des Samens von, *P. Psyllium*, 1904.
8 *Guignard*. — Le sac embryonnaire des Angiospermes, Montpellier, 1882.
9 *Grevillon*. — In Engler Bot. Jahrbuch Bot., XXIII. 1897, p. 81.
10 *Gérard*. — Passage de la racine à la tige. Paris, 1881.
11 *Herbst*. — Bot. Centralblat, 1894, I, p. 404.
12 *Kuhlmann*. — Uber Anat. Bau des Stengels v. Plantago Dirs Kiel, 1887.
13 *Kerner Von Marilaun*. — Das Pflanzenleben, p. 786-787.
14 *Ludwig* (Dr L.). — Botan. Centralbl.. 7-8, p. 276.
15 *Pilger*. — In Engler Bot. Jahrbuch., XXV, 1898, p. 296-351.

16 *Petit*. — Pétiole des Dicotylédones. Mém. Soc. phys. et nat., 1887. Bordeaux.

17 *Payer*. — Organogénie comparée, p. 606, tabl. 126.

18 *Pée Laby*. — Anatomie des Cotylédons, 1892. Toulouse.

19 *Schubert*. — Botan. Centrabl., 1897, IV, p. 62. Uber die Parenchymascheiden in den Blættern d. Dicotyledons.

20 *Solereder*. — Systemat. Anatomie d. Dicotyledons, 1899, p. 725-727.

21 *Schnellenberg* (C.-H.). — Die Reservecellulose der Plantagineeæ Ber. d. Deutschen Botam. Gesel., 1904, XXII, p. 9-17.

22 *Schenk* (H. D^r^). — Anat. d. Submerge, 1887, p. 19. Cassel.

23 *Torre et Harms*. — Genera Siphonogarum, 1905.

24 *Van Tieghem*. — Sur l'origine des membres endogènes, 1889. Paris.

25 *Vesque* (S.). — Ann. d. Sc. nat. Bot., 6e série, t. I, 1885, p. 349-352.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

DIPLOMÉ D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

I. — LE MOUVEMENT CHEZ LES DIATOMÉES.

II. — FORMATION DE L'AMIDON.

Vu et approuvé :
Paris, 31 mai 1910
Le Doyen de la Faculté des Sciences,
PAUL APPELL

IMP. JOUVE ET Cie, 15, RUE RACINE, PARIS